

УДК 621.793

Ю. Д. Щицын, Д. С. Белинин, С. Д. Неулыбин, А. В. Баженов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь

ПЛАЗМЕННАЯ МНОГОСЛОЙНАЯ НАПЛАВКА

Показана возможность многослойной плазменной наплавки током обратной полярности высоколегированной стали 10X18H10T. Представлены результаты исследования наплавленного материала и зон сплавления между слоями с использованием оптической и электронной микроскопии. Представлены замеры микротвердости основных зон наплавленного материала в сравнении с классическим литым материалом.

Ключевые слова: плазменная наплавка, обратная полярность, плазматрон, твердость, микроструктура.

Y. D. Schitsyn, D. S. Belinin, S. D. Neulybin, A. M. Bazhenov

PLASMA MULTILAYER HARD-FACING

The possibility of a multi-layer plasma welding current reverse polarity 10H18N10T high-alloy steel. The results of the study material and the weld zone fusion between the layers using optical and electron microscopy. Microhardness measurements represented the major areas of the deposited material as compared with the classical cast material.

Keywords: plasma hard-facing, reverse polarity, plasmatron, hardness, microstructure.

На современном этапе промышленной конкуренции основным направлением совершенствования производства является модернизация известных и создание новых технологических процессов [1].

Снижение материалоемкости и производственных затрат при изготовлении сложных изделий из цветных металлов и высоколегированных сталей является актуальной задачей.

В настоящее время одним из перспективных методов малоотходного производства получения сложных изделий из металлов и сплавов является выращивание заготовок и деталей, так называемые аддитивные технологии. Принцип формирования изделий при такой технологии заключается в

последующем выращивании изделия, путем сваривания или спекания материала, при этом возможно получать детали сложной формы из инструментальных, конструкционных сталей и других сплавов. Обычными методами литья и механической обработки затруднительно изготовить такие изделия или их изготовление трудоемкое и ведет к большому расходу дорогостоящего материала [2].

Подобные технологии позволяют реализовать основные принципы создания материалов нового поколения и представляют собой инновационный подход к проектированию и изготовлению деталей по сравнению с традиционными методами литья и обработки на металлорежущих станках [3].

В настоящее время активно исследуются и уже находят промышленной применение технологии создания сложных заготовок и готовых изделий лазерной наплавкой порошковых материалов.

Для реализации такой технологии требуются порошки с размером частиц ниже 0,4 мм. Развитая поверхность частиц является источником внутренней дефектности создаваемых изделий (остаточная пористость, неметаллические включения различного состава). Особенно это относится к изготовлению изделий из активных материалов и высоколегированных сплавов (титан, никелевые сплавы, высоколегированные стали и др.).

Работа с такими материалами предполагает наличие вакуума или специальной атмосферы, что усложняет оборудование и ограничивает габариты изделия. Производительность лазерной наплавки не высока. При этом оборудование и расходные материалы (порошок) имеет высокую стоимость [4].

Традиционные технологии наплавки (под слоем флюса, в защитных газах), в принципе, могут применяться для формирования определенных заготовок. Однако у них имеются свои проблемы: трудность формирования заготовок сложной формы с достаточной точностью, необходимость зачистки каждого прохода, дефектность на линии сплавления, неравномерность структуры и свойств из-за влияния термических циклов проходов.

Использование плазменной и микроплазменной наплавки имеет ряд

преимуществ при формировании многослойных заготовок. Обеспечивается регулирование глубины и ширины проплавления в широких пределах. Тепловое и силовое воздействие в зоне обработки также легко поддается управлению. В качестве присадочного материала может использоваться проволока, порошки и их комбинации.

Особенно перспективным предполагается использование плазменной наплавки на токе обратной полярности. Катодная очистка присадочного материала и наплавляемой поверхности обеспечивает отсутствие загрязнений металла, пористости и других дефектов.

В отличие от плазменной дуги прямой полярности, плазменная дуга обратной полярности характеризуется более равномерным распределением тепловой мощности по поверхности изделия. Отличительной особенностью нестационарных катодных пятен является кратковременность их существования и высокая плотность тока в них (порядка 10^5 – 10^6 А/см²). Большая плотность обеспечивает высокие удельные тепловые потоки (до 10^6 – 10^7 Вт/ см²) [5]. Это позволяет управлять объемом расплавленного металла и тепловым воздействием на наплавляемую поверхность.

Однако в настоящее время малоизученным является механизм многослойной наплавки, влияние наплавленных слоев друг на друга, большой интерес представляет структура полученного материала, так как при выращивании стремятся обеспечить однородность свойств изделия во всем объеме.

Целью данной работы является формирование структуры многослойного материала плазменной наплавкой на токе обратной полярности высоколегированной стали 10X18H10T и определение свойств полученного материала.

Наплавка выполнялась в следующей последовательности:

1. Наплавка первого валика на материал подложки. В качестве подложки использовали стальную пластину толщиной 10 мм. Материал подложки – низколегированная сталь 09Г2С. Ширина одного прохода – 17,4 мм, высота

валика – 2,5 мм. Глубина проплавления подложки – 0,5 мм. Диаметр наплавочной проволоки – 1,4 мм. Наплавка осуществлялась на погонной энергии $E = 26640$ Дж/см.

2. Наплавка последующих проходов первого слоя. Выполнялось три прохода с взаимным перекрытием предыдущего валика на 20 %.

3. Наплавка следующих трех слоев осуществлялась на той же погонной энергии.

Были проведены структурные исследования наплавленного материала 10X18Н10Т, зон сплавления между слоями с применением световой и электронной микроскопии.

Результаты металлографического исследования представлены на рис. 1, 2.

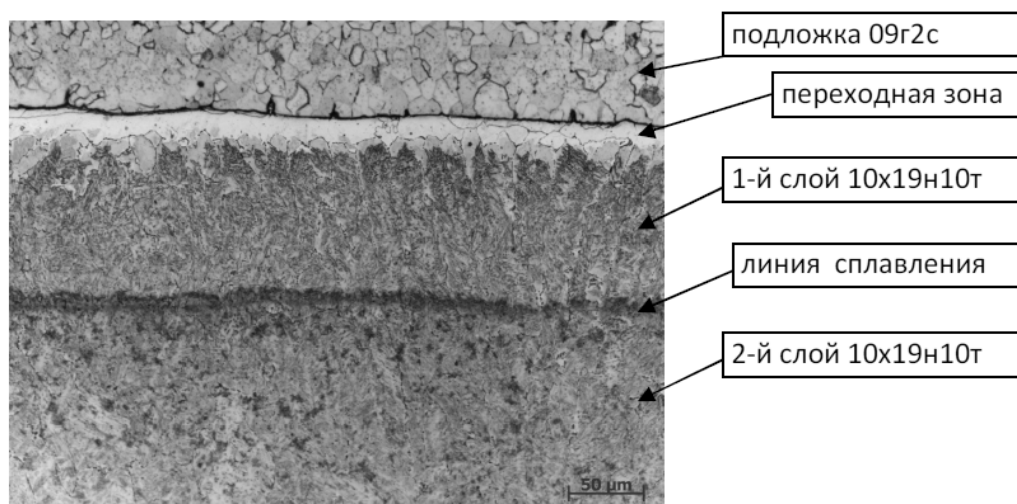


Рис. 1. Панорамный вид наплавленного слоя 10X18Н10Т на подложку 09Г2С

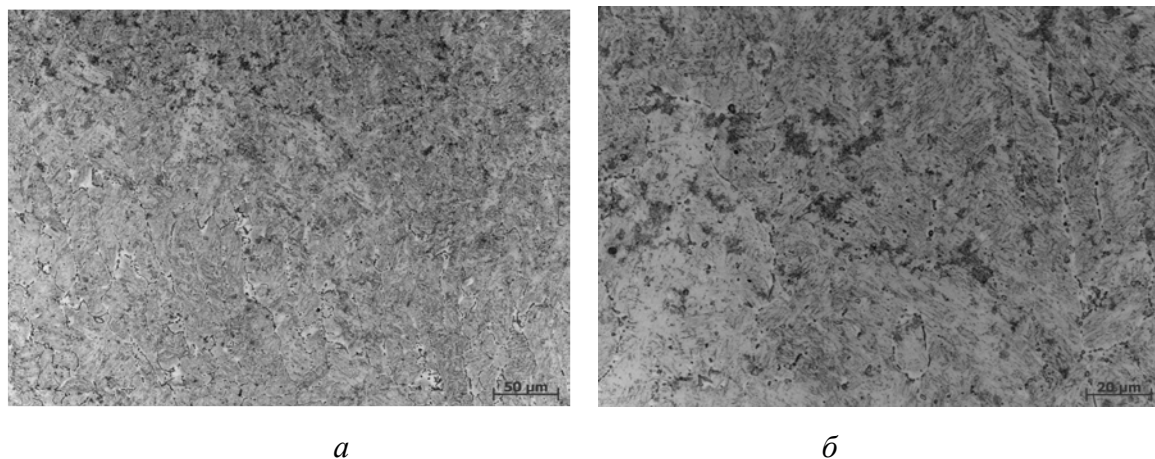


Рис. 2. Структура наплавленного материала 10X18Н10Т

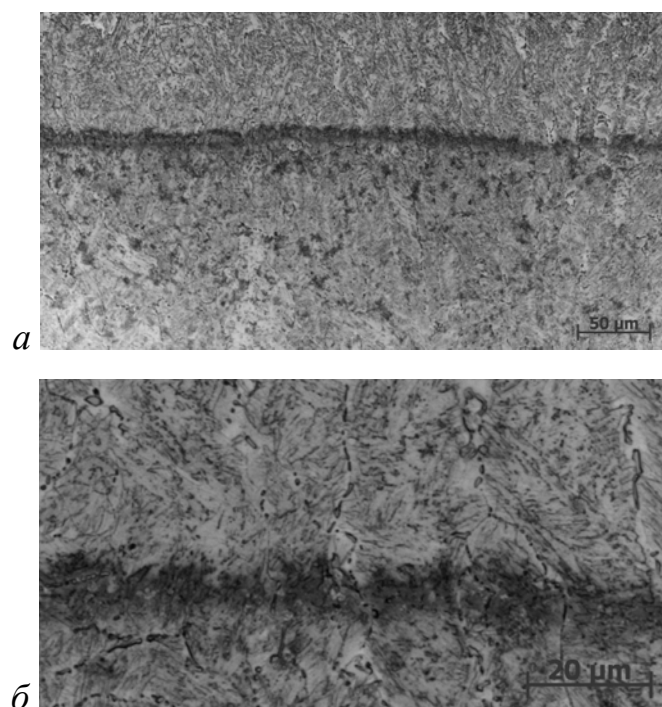


Рис. 3. Структура линии сплавления

Из результатов наплавки видно, что структура равномерная мелкодисперсная, линия сплавления представляет собой аналогичную мелкодисперсную структуру с взаимным проращением зерен одного слоя в другой. Дефекты наплавки отсутствуют.

Данные, полученные при исследовании на растровом электронном микроскопе, представлены на рис. 2, 3.

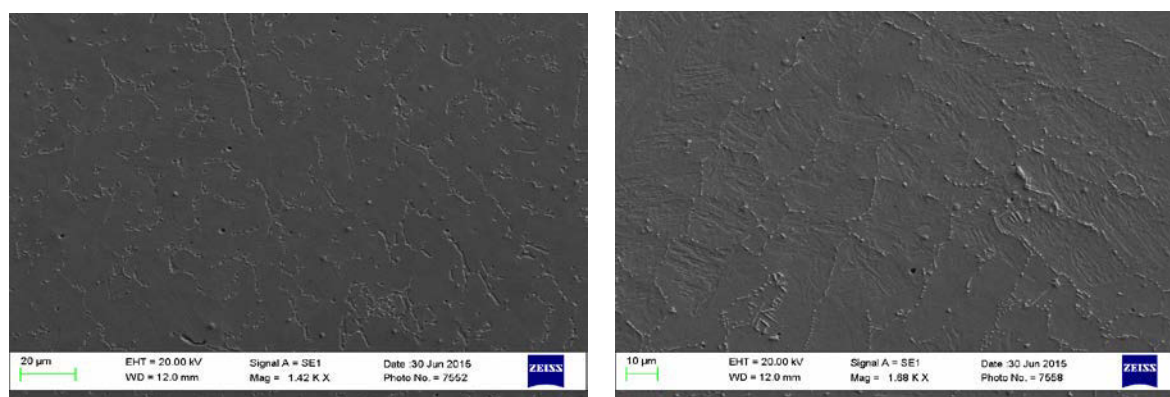


Рис. 4. Зона наплавленного материала 10X18H10T (РЭМ)

Анализ растровой электронной микроскопии показал, что многослойная плазменная наплавка близка к типичному литому материалу 10X18H10T. Линия сплавления просматривается, однако ячеистая структура сохраняется.

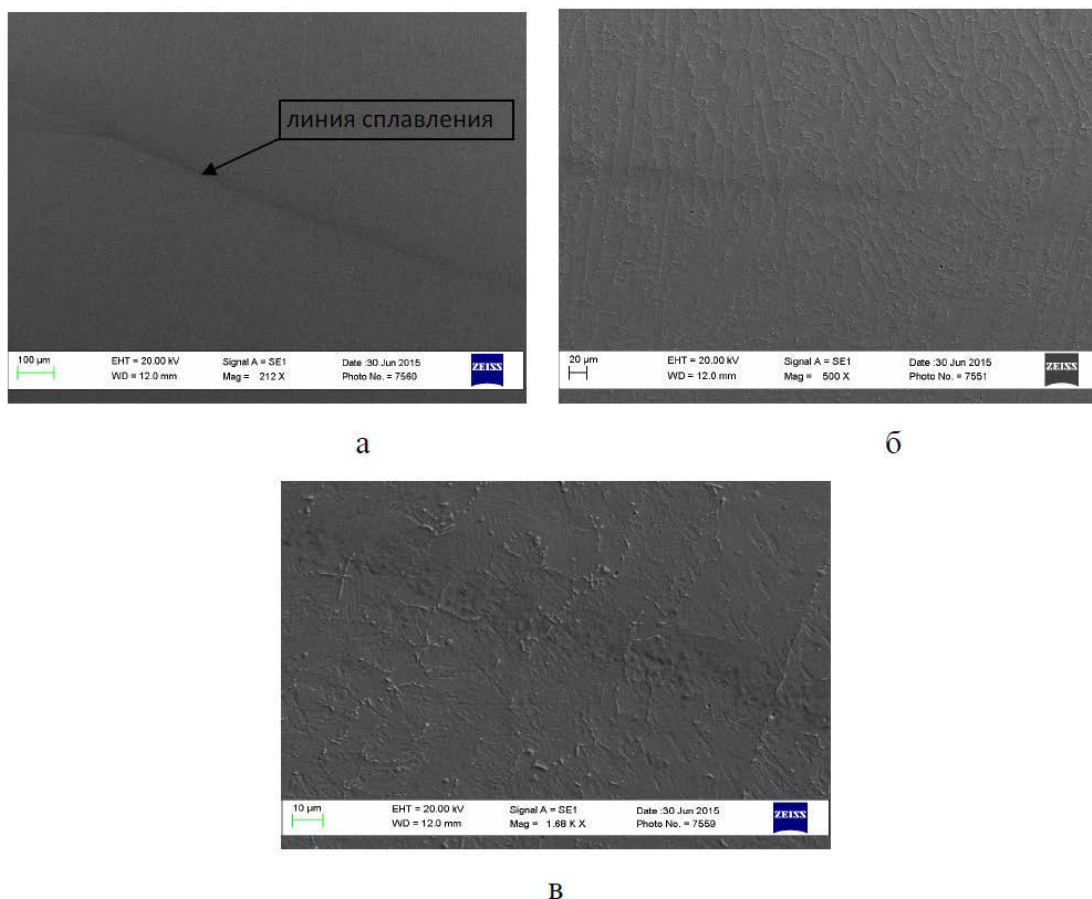


Рис. 5. Линия сплавления (РЭМ)

Замер микротвердости от поверхности представлен в таблице 1.

Таблица 1

Расстояние, мм	Микротвердость, Н _μ 50, кгс/мм ²
0	170
0,5	161
1	240
1,5	160
2	335
2,5	385
3	327
3,5	284
4	431
4,5	385
5	323

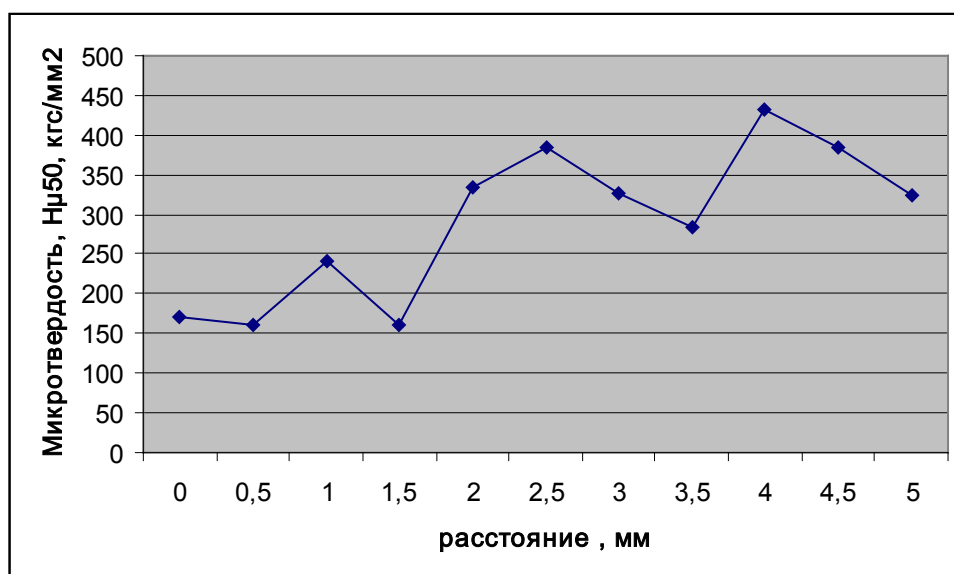


Рис. 6. Распределение микротвердости

Как видно из рис. 6, микротвердость у поверхности не значительно отличается от стандартной твердости высоколегированной стали 10X18H10T. Как известно, классическая нержавеющая сталь незначительно поддается закалке, однако на представленном образце с увеличением глубины твердость повышается. Связано это, как представляется, с воздействием напряжений.

Выводы

1. Произведен анализ технологической возможности многослойной плазменной наплавки током обратной полярности высоколегированной стали 10X18H10T.
2. Получен монолитный бездефектный материал с однородной мелкодисперсной структурой.
3. Линия сплавления представляет собой литую структуру с взаимным прорастанием зерен одного слоя в другой.
4. Полученный материал предстает собой схожую структуру с классическим литым материалом 10X18H10T.

Работа выполнена в рамках проектной части гос. задания № 11.1196.2014/К при поддержке Министерства образования и науки РФ и фонда Содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (УМНИК 15-4).

Список литературы

1. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. Технологические процессы лазерной обработки / под ред. А. Г. Григорьянца. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с
2. Композиционные материалы : справочник / под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
3. Additive manufacturing: opportunities and constraints, Royal Academy of Engineering. – May 23. – 2013. – 5 p.
4. Смирнов В. В., Барзали В. В., Ладнов П. В. Перспективы развития аддитивного производства в российской промышленности. Опыт ФГБОУ УГАТУ //Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – № 2 (14). – С. 23–27.
5. Щицын Ю. Д., Косолапов О. А., Щицын В. Ю. Возможности плазменной обработки металлов током обратной полярности // Сварка. Диагностика. – 2009. – № 2. – С. 42–45.